

Диэлектрические свойства композиционного материала на основе триглицинсульфата и нанокристаллической целлюлозы

Н.Г. Поправко¹, Л.Н. Коротков², А.С. Сидоркин¹, Н.А. Толстых²

¹Воронежский государственный университет, 394018 Воронеж, Россия

²Воронежский государственный технический университет, 394026 Воронеж, Россия
e-mail: l_korotkov@mail.ru

Получение новых мультифункциональных материалов является одной из наиболее актуальных задач современного физического материаловедения. Один из эффективных методов создания таких материалов связан с получением нанокомпозитов, в которых благодаря размерному эффекту, химическому и механическому взаимодействию материал приобретает уникальные физические свойства.

Целью данной работы явилось получение смесевых композитов на основе сегнетоэлектрика триглицинсульфата (TGS) и нанокристаллической целлюлозы (nCell) и исследование их линейных и нелинейных диэлектрических свойств.

Для эксперимента были использованы композициты $(1-x)\text{TGS} - x\text{-nCell}$ следующих составов: $x = 0,2; 0,3; 0,5; 0,7$ и $0,9$, где x – массовая доля вещества.

В ходе приготовления материалов для эксперимента использовали готовую соль триглицинсульфата марки ОСЧ и коммерческую нанокристаллическую целлюлозу в виде порошка, состоящего из частиц со средним диаметром 10-20 нм и длиной 300-900 нм, кристалличность которой составила около 92%.

Для изготовления композита оба материала брали в соответствующих пропорциях. Один грамм смеси помещали в 40 мл дистиллированной воды и перемешивали в течение 30 мин в ультразвуковой ванне при температуре 50°C. Затем смесь, которая представляла собой коллоидный раствор, переливали в колбу и перемешивали 30 мин с использованием магнитной мешалки. После этого раствор вновь обрабатывали в ультразвуковой ванне в течение 30 мин при температуре 50°C. Затем полученную субстанцию высушивали в сушильном шкафу при температуре 80°C в течении 24 часов. На заключительном этапе смесь размалывали в ступке и просеивали через сито с размерами ячеек 100 мкм. Из полученного порошка прессовали диски вместе с алюминиевыми электродами диаметром 12 мм и толщиной 1,6 мм (давление прессования ~180 МПа, время прессования 30 мин).

Измерения диэлектрической проницаемости (ϵ) и тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) проводили на частотах 500 Гц – 100 кГц в интервале температур 20-120°C в ходе медленного нагрева и охлаждения образцов. Амплитудные зависимости диэлектрической проницаемости получали с использованием емкостного моста на частоте 2 кГц в интервале электрических полей 5-500 В/см условиях термостабилизации.

Результаты исследований температурных зависимостей диэлектрической проницаемости показали, что для составов $x = 0,2-0,7$ они содержат два размытых максимума. Положение первого (низкотемпературного) максимума приблизительно соответствует температуре сегнетоэлектрического фазового перехода в кристаллическом TGS ($T_c \approx 50^\circ\text{C}$). При этом, по мере увеличения концентрации нанокристаллической целлюлозы его величина уменьшается, а сам он смещается в высокотемпературном направлении. Предположительно этот максимум соответствует температуре сегнетоэлектрического фазового перехода в отдельных частицах TGS, слабо взаимодействующих с нанокристаллической целлюлозой.

Высокотемпературный максимум ϵ наблюдается около $T_m \approx 100^\circ\text{C}$. Выше T_m ϵ быстро убывает. В интервале температур $\approx 50-100^\circ\text{C}$ диэлектрическая проницаемость, оставаясь относительно высокой, слабо зависит от температуры, образуя область плато.

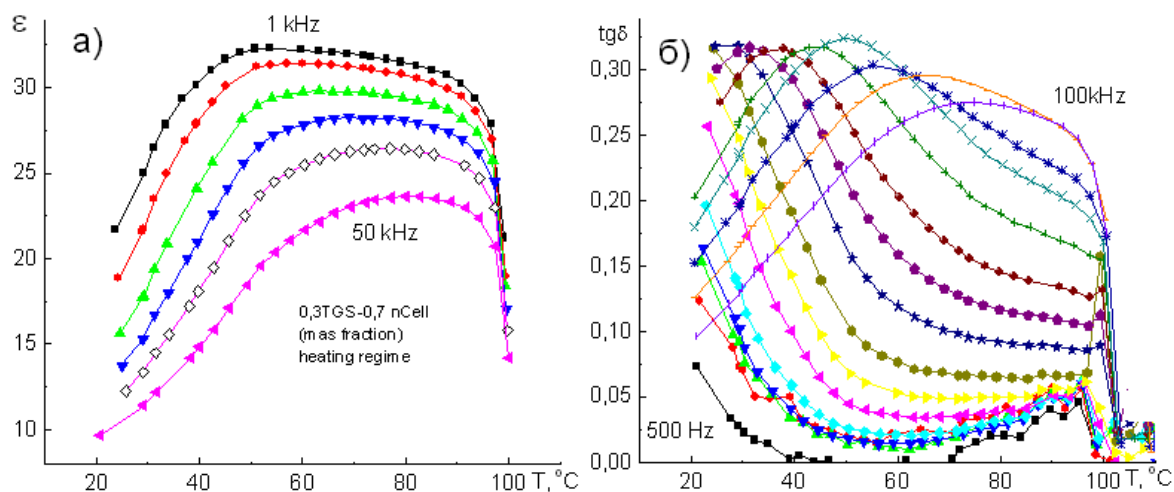


Рисунок 1. Температурные зависимости ϵ (а) и $\text{tg}\delta$ (б), полученные в ходе нагрева образца композита 0,3TGS – 0,3nCell на различных частотах.

В пределах этой области наблюдается сильная дисперсия диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь. Однако выше T_m дисперсия диэлектрического отклика практически исчезает.

Анализ формы температурных зависимостей ϵ и $\text{tg}\delta$ (Рис. 1) дает основания предполагать, что максимум ϵ , наблюдаемый в окрестностях T_m , связан с сегнетоэлектрическим фазовым переходом в композите, индуцируемым взаимодействием (по-видимому, химическим) между кристаллитами TGS и частицами целлюлозы.

Результаты изучения амплитудных зависимостей ϵ , проведенные с использованием состава 0,3TGS – 0,7nCell показали, что диэлектрическая нелинейность наблюдается во всем интервале температур, лежащим ниже T_m . Кривые $\epsilon(E)$, полученные при температурах меньших T_s , являются немонотонными: при малых значениях E диэлектрическая проницаемость возрастает с повышением амплитуды измерительного поля, а при больших E происходит спад зависимости $\epsilon(E)$. Зависимости $\epsilon(E)$, наблюдаемые для интервала температур $\approx 50 - 100^\circ\text{C}$ монотонно убывают с ростом E .

Таким образом, можно предположить, что в композиционном материале реализуется два фазовых перехода. По-видимому, низкотемпературный фазовый переход (около 50°C) реализуется в отдельных частицах TGS, слабо взаимодействующих с нанокристаллической целлюлозой. Высокотемпературный переход (около 100°C) происходит в агломератах TGS – nCell, в которых имеет сильное взаимодействие между компонентами композита.

Работа выполнена в рамках проекта Российского научно фонда № 17-72-20105.